

# 人間による二次元キャラクターの動作模倣のための 学習支援システムの設計と実装

田中 大賀<sup>1,a)</sup> 寺田 努<sup>1,2,b)</sup> 村尾 和哉<sup>3,c)</sup> 塚本 昌彦<sup>1,d)</sup>

**概要:** 近年、キャラクタショーのように二次元のキャラクタを演じる舞台が数多く行われている。二次元のキャラクタを人間が演じることは難しく、繰り返し練習する必要がある。本研究では、人間が二次元キャラクタになりきるために、3Dモデルとモーションキャプチャを用いた二次元キャラクタの動作模倣のための学習支援システムを提案し、システム使用時の人間の動作の再現度とキャラクタらしさをアンケート評価を用いて調査した。キャラクタが一回転半回ってから右手でポーズを決める動作では従来手法と比較して提案手法により、動作のキャラクタらしさにおいて提案手法が有効であることを示した。

## 1. はじめに

テレビアニメーション（以下、アニメ）に登場するキャラクタはアニメ特有の言動や所作を行う点で、現実の人間とは異なる魅力をもっており、多くの人の心を惹きつけている。アニメ特有の魅力を現実で再現する場として、大人が子供向けアニメ番組のキャラクタになりきって舞台上でショーを行うキャラクタショーがある。近年では、人気アニメやゲームを原作として制作される舞台などの演劇作品は2.5次元ミュージカル<sup>\*1\*2</sup>と呼ばれ、キャラクタショーとは異なる映像や照明の演出によって、子供だけでなく大人も楽しめるコンテンツとなっている。このように、アニメキャラクタのもつ魅力を現実の世界に取り入れる動きが活発になりつつある。キャラクタショーや2.5次元ミュージカルなどの臨場感を高めるには、出演者は自身が演じるキャラクタの性質（以下、キャラクタ性）を熟知したうえで、言葉遣いや身なりなど、そのキャラクタのすべてを模

倣する必要がある。キャラクタ性とは、主に外見や声、動作により表現されるものである[1]。外見は化粧や衣装で模倣でき、声は事前にアニメで使用されている音声を録音して使用することで模倣できる。一方で、動作は容易に模倣する術がなく、通常は出演者が鏡や自身を撮影した映像を確認しながらキャラクタの動作を繰り返し練習して体得している。しかしながら、アニメのキャラクタは二次元で表現されており、3Dモデルで表現されていたとしてもアニメの映像からキャラクタの動作を詳細に把握し、忠実に模倣することは難しい。また、出演者とアニメのキャラクタの体格の不一致により、演じるキャラクタの動作に違和感が生じる。そこで本研究では、出演者が二次元キャラクタの動作を違和感なく模倣できることを目指し、モーションキャプチャシステムを利用して取得した人間の身体情報を用いてキャラクタの3Dモデルを動かして視覚的にフィードバックすることで、出演者が自身の身体を動かしながらその状態でのキャラクタの動作を確認できる、人間による二次元キャラクタの動作模倣のための学習支援システムを提案する。

以降、2章では関連研究を紹介し、3章では提案システムについて延べる。4章では評価実験について述べ、5章で本研究のまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 関連研究

本章では、キャラクタ性に関する研究、キャラクタになりきる技術の研究、およびモーションキャプチャを用いた動作解析の研究を紹介する。

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University  
<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
PRESTO, Japan Science and Technology Agency  
<sup>3</sup> 立命館大学情報理工学部  
School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University  
a) taiga-tanaka@stu.kobe-u.ac.jp  
b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp  
c) murao@cs.ritsumeiji.ac.jp  
d) tuka@kobe-u.ac.jp  
<sup>\*1</sup> 一般社団法人 日本 2.5 次元ミュージカル協会  
<https://www.j25musical.jp/>  
<sup>\*2</sup> ニコニコ大百科：2.5 次元ミュージカルとは (ニテンゴジゲンミュージカルとは)  
<http://dic.nicovideo.jp/a/2.5次元ミュージカル>

## 2.1 キャラクタ性に関する研究

Ondrejら [1] は3D キャラクタの声、表情、動作、外見を変化させることによるキャラクタの印象の変化を調査し、キャラクタの印象を決める重要な要素として外見、声、動作を挙げている。この調査の対象はコンピュータで描画された人間の3Dモデルのキャラクタであり、本研究が対象とするキャラクタの動作を取得し披露する実際の間人ではない。白岩ら [2] はアニメのキャラクタにおける外見と声の矛盾による観測者に与える印象の影響を評価している。この研究では外見のデザインが単調なキャラクタと精巧なキャラクタに対し、ロボットのような合成音声と人が発した音声の組合せにて、観測者に与える印象を調査している。牟田 [3] は、かわいいやかっこいいなどキャラクタから感じる印象を日本人を対象に調査している。しかし、実際にその場でキャラクタ映像を提示して受ける印象の調査ではなくアンケート対象者の記憶にあるキャラクタのイメージであるため、キャラクタの印象の評価が曖昧である。岩野ら [4] は、女性キャラクタの身体的特徴の定性的分析を行っている。女性キャラクタの体つきを分析することでキャラクタを描き分けるためのキャラクタデザイン支援環境の提案に向けた議論をしている。本林ら [5] は体格の異なるキャラクタに対する動作生成方法として、歩行動作のような既存の動作データを基にユーザが生成したい動作に類似したものを抽出し、それを部分的に再利用、補足することで新しい動作を生成する手法を提案している。動作データを採取した人物と異なる体格のキャラクタに動作を適用する場合、そのまま体の動きを直接適用してもキャラクタらしい動きが得られるとは限らないと述べているが、本研究が対象とするキャラクタを演じる人間（以下、模倣者）がキャラクタを演じる動作は複数あり、このシステムではあらかじめ類似する動作を大量に取得しておく必要があるため、提案システムには不向きである。Rhodinら [6] は非人間型のキャラクタをジェスチャによってリアルタイムで動かす手法を提案している。ユーザのジェスチャを認識し、仮想空間のキャラクタを自然に動かすことができるが、キャラクタらしく動いているのは仮想空間のキャラクタであり本研究が対象とするキャラクタの動作を取得し披露する実際の間人ではない。

## 2.2 キャラクタになりきる技術の研究

堀田ら [7] は複合現実感技術によって人間が映像作品のヒーローになりきる変身エンタテインメントの研究を行っている。この研究では、ビデオシースルー型HMDと全身を使ったジェスチャインタフェースによって、ユーザ自身の身体が変化し能力が拡張されている感覚を向上させている。岡部ら [8] はアニメキャラクタなどに扮するコスプレにおけるポーズの他者との協働的構築に関する研究を行っている。しかしながら、ポージングの評価はしているが動

作の評価はされていない。幸村ら [9] は二次元アニメキャラクタから三次元的な動きを作り出す手法を研究している。この研究では、あらかじめ用意した二次元アニメのキャラクタの3Dモデルを用いて二次元アニメのキャラクタの動作を三次元で復元しているが、二次元アニメのキャラクタの動作をするのは3Dモデルであり、人間ではない。また、海老原ら [10] は誰もが歌舞伎役者に変身可能なバーチャル歌舞伎システムを提案している。この研究では、演技者の全身の動きと表情をCCDカメラと赤外線カメラを用いて検出し、検出した動きを歌舞伎役者の動きとして3Dの歌舞伎役者モデルで再現するものであるが、3Dの歌舞伎役者モデルと模倣者の体格差については考慮されていない。

## 2.3 キャラクタモデルの生成に関する研究

モーションキャプチャシステムを用いた動作解析やモーション作成が行われている。今間ら [11] は現実世界の物理法則に則っていないが、人間がリアルに感じることが出来るアニメ中で用いられる誇張表現であるメンタルモーションをモーションキャプチャと加速度センサを用いて取得し、取得したデータをもとに3Dモデルを変形させてメンタルモーションの3Dモデルを作成した。Kuratateら [12] は人間の顔と頭にマーカをつけて顔と頭の動きを取得し、得られたデータから会話アニメーションを作成する手法を提案している。このように人間やキャラクタの動作を取得、作成することにおいてモーションキャプチャは有効であると考えられるため本研究においても用いる。

## 3. 提案システム

本章では、対象とする二次元キャラクタについて説明し、システム要件、およびシステム構成を詳細に述べる。

### 3.1 対象とする二次元キャラクタ

漫画やアニメなどに登場する二次元キャラクタには、骨格の構成が人間と同じ人型キャラクタと骨格の構成が人間とは異なる非人型キャラクタが存在する。例えば、TVアニメ「ドラえもん」\*3に登場する野比のび太は人型キャラクタであるが、ドラえもんは非人型キャラクタである。また、通常時は人間でも体の一部が変化するキャラクタや、骨格の構成が人間と同じだが1頭身であるキャラクタなどは非人型キャラクタである。非人型キャラクタの模倣には着ぐるみなど特殊なスーツの着用を考慮して動作を練習しなくてはならないため、人型キャラクタの模倣とは異なるアプローチが必要であると考えられる。従って、本研究では骨格の構成が人間と同じ人型キャラクタのみを対象とし、非人型キャラクタは対象としないこととする。

\*3 TVアニメ「ドラえもん」  
<http://www.tv-asahi.co.jp/doraemon/>

### 3.2 対象とする動作

模倣者と体格の異なるキャラクターの動作を模倣する際に、例えば模倣者より腕が長いキャラクターが手を顔の横に挙げる動作では、手は顔の横に来るが、腕が長いため上腕の位置は低くなる。この動作を人間である模倣者が模倣するには

- 手を顔の横に持ってくる。
- 肩を同じように曲げる。

の2パターンが考えられる。前者は手の相対的な座標がキャラクターと類似するが、肩の角度が異なる。後者は手の相対的な座標は異なるが、肩の角度がキャラクターと類似する。人型のキャラクターに関して、例えばつま先を触る、スイッチを押すなどの特定の箇所に行動を起こす動作は前者の座標を合わせる方がキャラクターらしく感じられる可能性があるが、対象物を指すのではなくポーズとしての動作の場合は、後者の角度を合わせる方がキャラクターらしく感じられる可能性がある。本研究では、まずポーズとしての動作を対象とする。

### 3.3 システム要件

提案システムの要件として以下が考えられる。

- 模倣者の動作を制限しない動作データの取得  
人間の動作データを取得するシステムとしてMicrosoft社のKinectが広く一般的に普及しているが、Kinectはカメラの撮影範囲内にいる人間の動作しか認識できない。そのため、大きく移動する動作のデータを取得できない場合がある。提案システムは模倣者の動作範囲を制限することなく動作データを取得することが求められる。
- 体格差の考慮  
キャラクターの動作模倣時において、模倣者と二次元キャラクターの体格は必ずしも一致しないため、模倣者の動作に差異が生じる。現実で模倣者とキャラクターの体格を一致させることは不可能であるため、仮想的に模倣者とキャラクターの体格を一致させることが求められる。
- リアルタイムフィードバック  
模倣者がキャラクターの動作とキャラクター性を身体感覚と関連付けて習得するために、模倣者がリアルタイムで自身の動作を確認できるフィードバックが求められる。

### 3.4 システム構成

本研究では前述の要件を満たすシステムを提案する。システム構成図を図1に示す。提案システムでは模倣者はXsens社のXsens MVN モーションキャプチャシステム<sup>\*4</sup>

<sup>\*4</sup> Xsens MVN: Products - Xsens 3D motion tracking  
<https://www.xsens.com/products/xsens-mvn/>

を用いる。このモーションキャプチャシステムでは、17個の慣性センサが取り付けられたスーツ（以下、モーションキャプチャスーツ）を使用する。被験者はモーションキャプチャスーツを着るだけで17点の関節の位置を取得できるため、模倣者の動作範囲が制限されることはない。

本システムで使用する3Dモデルはネット上で配布されているものを用いた。これらの3Dモデルの多くは関節が17点以上あるため、モーションキャプチャスーツと3Dモデルの関節の対応は図2のようにする。模倣者はモーションキャプチャスーツを着用して手本動作となるアニメ映像を見てキャラクターの動作を模倣し、模倣時の動作データを取得する。模倣者の体格をキャラクターの体格にあわせることで両者の体格差を考慮でき、キャラクターの3Dモデルが違和感無く動くように人間が動作した場合、その際の人間の動作も違和感が無いのか検証することができる。

モーションキャプチャで取得した関節の動作データを3Dモデルの関節に反映させるために、PC側のソフトウェア開発にはUnity<sup>\*5</sup>を用いる。Xsens MVN モーションキャプチャシステムの動作データを記録するソフトウェアのMVN Studio<sup>\*6</sup>とUnityのアセットストアにて配布されているMVN LIVE Animation<sup>\*7</sup>を用いて模倣者のキャラクター動作模倣時の動作データをPCに送信し、リアルタイムでキャラクターの3Dモデルに適用させることで、キャラクターの3Dモデルをリアルタイムで動かすことができる。これにより、模倣者はリアルタイムで自身の動作を確認できる。

本システムでは、事前に手本となるアニメのキャラクターと体格が同じ3DモデルをPC上に準備しておき、模倣者とモデルの関節の角度の初期位置を合わせるために、模倣者および3Dモデルの初期ポーズを図2に示すようにTの形にすることで、キャリブレーションを行う。模倣者はモーションキャプチャスーツを着用して手本動作となるアニメ映像を見てキャラクターの動作を模倣し、模倣時の動作データを取得する。取得した動作データをPCに送信し、リアルタイムでキャラクターの3Dモデルに適用させることで、模倣者は手本動作とリアルタイムで動くキャラクターの3Dモデルを比較しながら繰り返し動作を練習することで手本となるキャラクターの動作に近づける。

## 4. 評価実験

提案手法の有効性を評価するために、自身の動作を鏡で確認しながら動作を繰り返し練習する従来手法と提案システムを用いて動作を繰り返し練習する提案手法を用いた場

<sup>\*5</sup> Unity - Game Engine  
<http://japan.unity3d.com/>

<sup>\*6</sup> MVN Studio (Pro) Software  
<https://www.xsens.com/mvn-studio-pro/>

<sup>\*7</sup> MVN Live Animation - アセットストア - Asset Store - Unity  
<https://www.assetstore.unity3d.com/jp/content/11338>

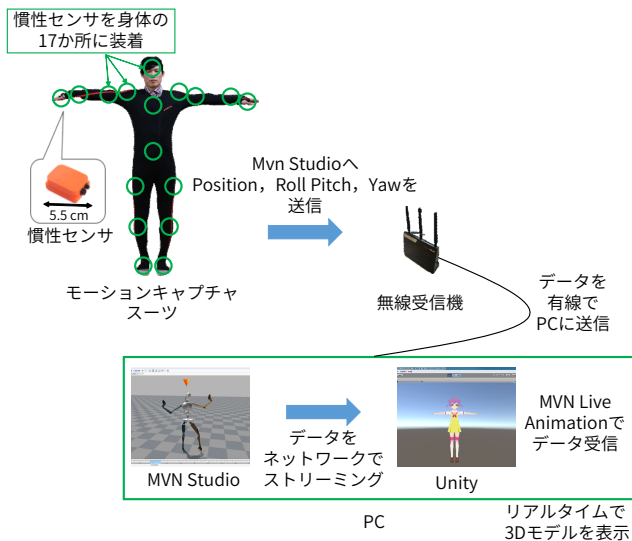


図1 システム構成

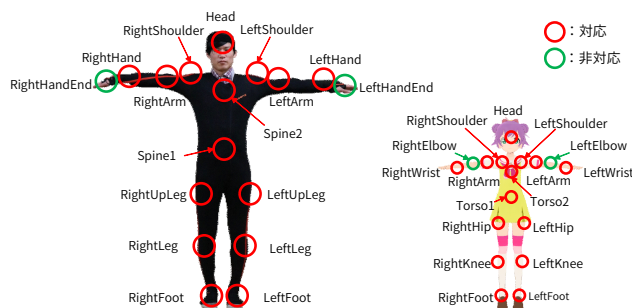


図2 関節の対応

合で、キャラクターの動作の再現度を比較した。

#### 4.1 実験環境

4種類の手本動作1, 2, 3, 4を用意し, 21~27歳の男性4名の被験者A, B, C, Dと21~22歳の女性2名の被験者E, Fにそれぞれの手本動作を, 従来手法と提案手法を用いて練習させた。各被験者における手本動作と練習手法の対応を表1に示す。被験者の模倣する手本動作と従来手法, 提案手法の組合せは全てランダムで決定した。各動作は3秒程度である。手本動作1としてローゼンメイデントロイメント,\*<sup>8</sup> 手本動作2としてのんのんびより,\*<sup>9</sup> 手本動作3としてアイドルマスター,\*<sup>10</sup> 手本動作4としてプリパラ,\*<sup>11</sup> のアニメ映像から手本動作を一つずつ取

\*<sup>8</sup> TVアニメ「ローゼンメイデントロイメント」  
<http://www.tbs.co.jp/rozen-maiden/part2/>  
(c)1995-2017, Tokyo Broadcasting System Television, Inc.

\*<sup>9</sup> TVアニメ「のんのんびよりりびーと」  
<http://nonnontv.com/>  
(c)2015 あっと・KADOKAWA 刊/ 旭丘分校管理組合二期

\*<sup>10</sup> TVアニメ「アイドルマスター」  
<http://www.idolmaster-anime.jp/tv/index2.html>  
(c)BNGI/ PROJECT iM@S

\*<sup>11</sup> TVアニメ「プリパラ」  
<http://www.tv-tokyo.co.jp/anime/pripara/>  
(c)T-ARTS/ syn Sophia/ テレビ東京/ PP3 製作委員会

り上げた。手本動作1ではキャラクターが前かがみで地団駄を踏むような動作, 手本動作2ではキャラクターが真上に上げた右手をゆっくり降ろしてから両手を上に振り上げる動作, 手本動作3ではキャラクターが両腕をサイドに振ってから両手を胸の前でギュッとする動作, 手本動作4ではキャラクターが一回転半回ってから右手でポーズを決める動作を手本動作とした。図3にそれぞれ手本動作1, 2, 3, 4において提案システムで用いたキャラクターの3Dモデルを示す。キャラクターの3Dモデルはニコニコ動画\*<sup>12</sup>, ニコニコ静画\*<sup>13</sup>, にて配布されているもので筆者らが似ていると判断したものをを使用した。実験の様子を図4に示す。被験者は, 従来手法では1つのモニターで常に再生されている手本動作を見ながら全身が映る鏡で動作を練習し, 提案手法では2つのモニターのうち1つのモニターで常に手本動作を再生し, もう1つのモニターで自身の動きが適用されたキャラクターの3Dモデルを見ながら動作を練習する。被験者6名は手本動作をそれぞれ従来手法, 提案手法で満足するまで練習した。キャラクターらしさの主な要因である外見・声・動作のうち, 本実験で評価するのは動作であるため, 従来手法, 提案手法ともに被験者は模倣時にモーションキャプチャスーツを着用して外見の模倣は行わず, また声の模倣も行わなかった。また, 手本動作はいつでも被験者が自由に確認できるものとした。

実験後, 被験者には実験への参加意欲を「1. まったくなかった」「2. なかった」「3. どちらともいえない」「4. あった」「5. とってもあった」の5段階のリッカート尺度で自己評価させ, 実験を通して気になった点を記述させた。各被験者の実験は1日で行った。各手本動作の練習が終了した時点での各被験者の動作をビデオカメラで撮影し, 手本映像として使用したアニメ映像のキャラクターに詳しい被験者(以降, 有識者)延べ24名と, そうでない被験者(以降, 一般者)延べ17名に後日撮影した映像を見せ, 被験者の全体の動作の再現度を「1. まったく似ていない」「2. 似ていない」「3. どちらともいえない」「4. 似ている」「5. 非常に似ている」の5段階のリッカート尺度で評価させ, そう判断した理由を記述させた。なお, 有識者および一般者に被験者A~Fは含まれていない。有識者には追加の項目として, 被験者の全体の動作のキャラクターらしさを「1. まったくキャラクターらしくない」「2. キャラクターらしくない」「3. どちらともいえない」「4. キャラクターらしい」「5. 非常にキャラクターらしい」の5段階のリッカート尺度で評価させ, そう判断した理由と判断基準を記述させた。なお, 表情による動作の再現度とキャラクターらしさの判定への影響を排除するため, 撮影した映像中の被験者の顔に黒いマス

\*<sup>12</sup> ニコニコ動画  
<http://www.nicovideo.jp/>

\*<sup>13</sup> ニコニコ静画  
<http://seiga.nicovideo.jp/>

表 1 各手本動作と被験者に対応する動作模倣の手法

| 被験者   | 手本動作 1 | 手本動作 2 | 手本動作 3 | 手本動作 4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 被験者 A | 提案手法   | 従来手法   | 従来手法   | 提案手法   |
| 被験者 B | 従来手法   | 提案手法   | 提案手法   | 従来手法   |
| 被験者 C | 提案手法   | 提案手法   | 従来手法   | 従来手法   |
| 被験者 D | 従来手法   | 従来手法   | 提案手法   | 提案手法   |
| 被験者 E | 従来手法   | 提案手法   | 従来手法   | 提案手法   |
| 被験者 F | 提案手法   | 従来手法   | 従来手法   | 提案手法   |



図 3 ぞれぞれの手本動作で使用したキャラクタ 3D モデル

クをかけている。

## 4.2 実験結果

### 4.2.1 手本動作 1

5名の一般者と5名の有識者に被験者の全体の動作の再現度とキャラクタらしさを評価させた。一般者と有識者による被験者の全体の動作の再現度の評価値平均を表2に示す。一般者による評価は、従来手法では2.80、提案手法では3.07と提案手法が従来手法を上回った。有識者による評価は、従来手法では2.60、提案手法では3.20と提案手法が従来手法を上回った。有識者による被験者の全体の動作のキャラクタらしさの評価値平均を表3に示す。従来手法では2.47、提案手法では2.73と提案手法が従来手法を上



(a) 従来手法での練習の様子



(b) 提案手法での練習の様子

図 4 評価実験環境

回った。

### 4.2.2 手本動作 2

3名の一般者と4名の有識者に被験者の全体の動作の再現度とキャラクタらしさを評価させた。一般者と有識者による被験者の全体の動作の再現度の評価値平均を表2に示す。一般者による評価は、従来手法では3.44、提案手法では3.00と提案手法が従来手法を下回った。有識者による評価は、従来手法では2.67、提案手法では2.75と提案手法が従来手法をわずかに上回った。有識者による被験者の全体の動作のキャラクタらしさの評価値平均を表3に示す。従来手法では2.08、提案手法では2.67と提案手法が従来手法を上回った。

### 4.2.3 手本動作 3

4名の一般者と6名の有識者に被験者の全体の動作の再

\*14 【MMD】碧彩式 雛母  
<http://seiga.nicovideo.jp/seiga/im3487392>

\*15 【MMD モデル配布】宮内れんげ  
<http://seiga.nicovideo.jp/seiga/im5097865>

\*16 【MMD モデル配布】アイドルマスター 1 カジュアルバック Ver.2.0a  
<http://www.nicovideo.jp/watch/sm18223228>

\*17 【第16回 MMD 杯本選】私立パブリカ学園小学部:WAVE【プリバラ】  
<http://www.nicovideo.jp/watch/sm28208081>



表 2 手本動作ごとの全体の動作の再現度の評価

| 手本動作<br>手法<br>被験者 | 1               |                 | 2               |                 | 3                  |              | 4            |                    |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|
|                   | 従来手法<br>A, C, F | 提案手法<br>B, D, E | 従来手法<br>A, D, F | 提案手法<br>B, C, E | 従来手法<br>A, C, E, F | 提案手法<br>B, D | 従来手法<br>B, C | 提案手法<br>A, D, E, F |
| 評価値平均             | 2.80            | 3.07            | 3.44            | 3.00            | 3.13               | 3.13         | 2.20         | 2.95               |
| 有識者               | 2.60            | 3.20            | 2.67            | 2.75            | 2.92               | 2.25         | 2.39         | 2.86               |

表 3 手本動作ごとの全体の動作のキャラクターらしさの評価

| 手本動作<br>手法<br>被験者 | 1               |                 | 2               |                 | 3                  |              | 4            |                    |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|
|                   | 従来手法<br>A, C, F | 提案手法<br>B, D, E | 従来手法<br>A, D, F | 提案手法<br>B, C, E | 従来手法<br>A, C, E, F | 提案手法<br>B, D | 従来手法<br>B, C | 提案手法<br>A, D, E, F |
| 評価値平均             | 2.47            | 2.73            | 2.08            | 2.67            | 2.83               | 2.33         | 2.11         | 2.86               |
| 有識者               |                 |                 |                 |                 |                    |              |              |                    |

現度とキャラクターらしさを評価させた。一般者と有識者による被験者の全体の動作の再現度の評価値平均を表 2 に示す。一般者による評価は、従来手法では 3.13、提案手法では 3.13 と従来手法と提案手法で同じ値となった。有識者による評価は、従来手法では 2.92、提案手法では 2.25 と提案手法が従来手法を下回った。有識者による被験者の全体の動作のキャラクターらしさの評価値平均を表 3 に示す。従来手法では 2.83、提案手法では 2.33 と提案手法が従来手法を下回った。

#### 4.2.4 手本動作 4

5名の一般者と9名の有識者に被験者の全体の動作の再現度キャラクターらしさを評価させた。一般者と有識者による被験者の全体の動作の再現度の評価値平均を表 2 に示す。一般者による評価は、従来手法では 2.20、提案手法では 2.95 と提案手法が従来手法を上回った。有識者による評価は、従来手法では 2.39、提案手法では 2.86 と提案手法が従来手法を上回った。有識者による被験者の全体の動作のキャラクターらしさの評価値平均を表 3 に示す。従来手法では 2.11、提案手法では 2.86 と提案手法が従来手法を上回った。

### 4.3 実験まとめ

手本動作 1, 2, 3, 4 で延べ 17 名の一般者と 24 名の有識者に被験者の全体の動作を評価させた。動作の再現度に関して、模倣者による動作の再現度の違いはないとみなし、動作模倣に用いた手法と手本動作の 2 要因の分散分析を行った結果、手法間において交互作用がみとめられたので単純主効果の検定を行った結果、動作の再現度では有意差は見られなかった。動作のキャラクターらしさに関して、模倣者によるキャラクターらしさの違いはないとみなし、動作模倣に用いた手法と手本動作の 2 要因の分散分析を行った結果、手法間において交互作用がみとめられたので単純主効果の検定を行った結果、手本動作 4 について有意差がみられた。これより、手本動作 4 において従来手法に比べて提案手法の方がキャラクターらしく動作するには有効であると考えられる。

手本動作 1 に関しては、被験者の全体の動作の再現度とキャラクターらしさの評価値がともに提案手法が従来手法を上回ったが、有意差はみられなかった。手本動作 2 に関しては、被験者の全体の動作の再現度とキャラクターらしさの

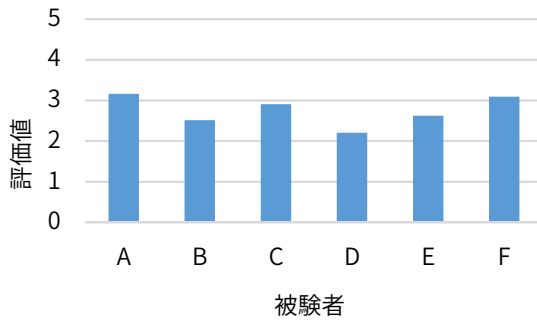
評価値が、一般者による動作の再現度の評価値を除いても提案手法が従来手法を上回ったが、有意差はみられなかった。手本動作 3 に関しては、有識者による被験者の全体の動作の再現度の評価値とキャラクターらしさの評価値がともに提案手法が従来手法を下回った。図 5 に手本動作 3 における被験者ごとの動作の再現度とキャラクターらしさの評価値平均を示す。図 5 より、手本動作 3 を提案手法で練習した B, D の評価値平均が小さいことがわかる。これより、手本動作 3 における提案手法の評価値の低下は、被験者によるものだと考えられる。また、被験者全体の動作の再現度の評価値平均と被験者全体の動作のキャラクターらしさの評価値平均の差より、動作の再現度と動作のキャラクターらしさは必ずしも一致しないことがわかった。特に手本動作 4 について有識者の判断理由より、手本動作のキャラクターは回転に失敗した時に手をばたばたさせたりしりもちをついたり、かわいい動き、またコミカルなリアクションを取るイメージであるため、模倣を達成できていない動作はその失敗後のリアクションの大きさの順で決めたとあり、動作の再現度と動作のキャラクターらしさが必ずしも一致しないことを裏付けている。次に、提案システムを使用する模倣者は一般人でも有識者でも構わないが、模倣者が動作を披露する相手は有識者であり、一般者と有識者で動作の再現度の評価に明らかな差はなかったため、今後模倣者の動作の評価を行うのは模倣者が動作を披露する対象である有識者のみとする。

### 4.4 被験者アンケートの結果

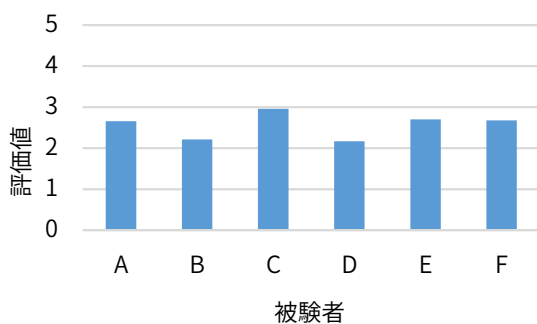
手本動作を模倣した 6 名の被験者に実験への参加意欲を 5 段階で自己評価させたが、6 名とも「あった」と回答したため、被験者の実験への参加意欲による評価値への影響は考慮しなかった。被験者のコメントより、従来手法では鏡を見ながら練習するため練習時は自身が動いているだけだが、提案手法では練習時にキャラクタの 3D モデルが動くため模倣するキャラクタに近づくことができたと感じたとあった。これより、提案手法では模倣者の体格をキャラクタの体格に変換したことによる影響のほかに、模倣者の外見をキャラクタに変換したことによる影響も加わっていたと考えることができる。

## 5. まとめ

本研究では 3D モデルとモーションキャプチャを用いた人間による二次元キャラクタの動作模倣のための学習支援システムを提案した。提案手法では模倣者は自身の動作とリアルタイムで同期して動くキャラクタと同じ体格の 3D モデルを見ながら動作を模倣する。6 名の被験者はそれぞれ 4 種類の手本動作を、従来手法と提案手法を用いて練習し、練習が完了した時点の被験者の動作を撮影した映像を 3~5 人の一般者と 4~9 人の有識者に見せ、手本動作にど



(a) 有識者による動作の再現度の評価値平均



(b) 有識者による動作のキャラクタらしさの評価値平均

図 5 被験者ごとの評価値平均

れだけ似ているか、またどれだけキャラクタらしいかを5段階で評価させ、そう判断した理由と判断基準を記述させた。評価実験より、キャラクタが一回転半回ってから右手でポーズを決める動作では従来手法と比較して提案手法により、動作のキャラクタらしさにおいて有意な差がみられ、提案手法が有効であることを示した。また、一般人と有識者による模倣者の動作の再現度の評価に明らかな差はないことを示した。

今後の課題として、キャラクタと模倣者の動作の角度を合わせる場合とキャラクタと模倣者の動作の座標を合わせる場合、どちらの動作がよりキャラクタらしいか明らかにすること、今回は対象とする動作から除外したが対象物を指すような動作を考慮することが挙げられる。また、今回は人型の二次元キャラクタしか考慮しなかったが、今後は非人型のキャラクタも考慮する。

#### 謝辞

本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR16E1) および JST さきがけ (JPMJPR15D4) の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] J. Ondrej, C. Ennis, and N. Merriman: FrankenFolk: Distinctiveness and Attractiveness of Voice and Motion, *Journal of ACM Transactions on Applied Perception (TAP 2016)*, Vol. 13, No. 4, p. 20 (July 2016).
- [2] 白岩元気, 野村竜也: アニメーションキャラクターにおける外見と音声の矛盾の影響, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (2012-HCI-146), Vol. 2012, No. 13, pp. 1-6 (Jan. 2012).
- [3] 牟田 淳: キャラクターから感じる印象の研究, 東京工芸大学芸術学部紀要, Vol. 21, pp. 27-40 (Mar. 2015).
- [4] 岩野成利, 橋田光代, 片寄晴弘: 女性アニメキャラクターの身体的特徴の定性的分析, 全国大会講演論文集, Vol. 72, No. コンピュータと人間社会, pp. 891-892 (Mar. 2010).
- [5] 本林正裕, 原口 誠: 様々な体格のキャラクターに対する同化動作生成手法, *Visual computing グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2003 予稿集*, pp. 75-80 (June 2003).
- [6] H. Rhodin, J. Tompkin, K. In Kim, E. de Aguiar, H. Pfister, H. Seidel, and C. Theobalt: Generalizing wave gestures from sparse examples for real-time character control, *ACM Transactions on Graphics (TOG 2015)*, Vol. 34, No. 6, p. 181 (Nov. 2015).
- [7] 堀田亮介, 大島登志一: MR-Cyborg Soldiers 複合現実感による変身エンタテインメントの実現, エンタテインメントコンピュータシンポジウム 2013 論文集, pp. 227-231 (Sep. 2013).
- [8] 岡部大介, 岡部 愛, 平井智仁, 大谷紀子, 岩野公司: コスプレイヤーの協働的ポージング構築場面にみる物理的特徴の分析, 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, Vol. 4, pp. 521-522 (Mar. 2016).
- [9] 幸村 琢, 村井将彦, 品川嘉久: アニメーションの人体動作の 3 次元復元 (コンテンツ制作のための形状処理と一般), 情報処理学会研究報告, 2000-CG-102, pp. 25-30 (Feb. 2001).
- [10] 海老原一之, 榎沢 順, 岩澤昭一郎, 大谷 淳: バーチャル歌舞伎システム, 電子情報通信学会技術研究報告, pp. 61-67 (Feb. 1997).
- [11] 今間俊博, 近藤邦雄, 栗山 仁, 古家嘉之: モーションキャプチャデータを用いた加速度制御手法によるメンタルモーション生成, 工学研究, Vol. 39, No. 2, pp. 3-10 (Aug. 2005).
- [12] K. Takaaki, V. Eric, and Y. H. Camille: Cross-subject face animation driven by facial motion mapping, *International Conference on Concurrent Engineering (ISPE 2003)*, pp. 971-979 (Jan. 2003).